

Министерство образования Российской Федерации

КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи
УДК 551.71:553.98 (497.41)

ПЛОТНИКОВА ИРИНА НИКОЛАЕВНА

**ЗОНЫ РАЗУПЛОТНЕНИЯ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО
ФУНДАМЕНТА ВОЛГО-УРАЛЬСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ КАК
ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ НЕФТЕПОИСКОВЫЕ ОБЪЕКТЫ**

Специальность 25.00.12. – "Геология, поиски и разведка горючих
ископаемых"

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора геолого-минералогических наук

Казань-2006

Работа выполнена в Татарском геологоразведочном управлении ОАО «Татнефть» и в Министерстве экологии и природных ресурсов Республики Татарстан.

Официальные оппоненты:

доктор геолого-минералогических наук, профессор
Ю.И.Кузнецов

доктор геолого-минералогических наук, профессор
В.В.Поспелов

доктор геолого-минералогических наук
Н.Н.Христофорова

Ведущая организация:

Институт проблем нефти и газа Российской академии
наук (ИПНГ РАН), г. Москва

Защита состоится 29 мая 2006 года в 14.00 на заседании
Диссертационного Совета Д 212.081.04 по защите диссертаций на
соискание ученой степени доктора наук при Казанском
государственном университете по адресу:
420008, Казань, ул. Кремлевская, 4/5.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке им.
Н.И.Лобачевского Казанского государственного университета.

Автореферат разослан « 27 » апреля 2006 года.
Ученый секретарь Диссертационного
Совета, кандидат
геолого-минералогических
наук, доцент

Д.И.Хасанов

международной конференции. 2-5 декабря 1997 г., Томск. – Томск: «Раско», 1997. – Т.1. – С.167-169.

44. Gatiatullin N. S. The reservoirs in the crystalline basement by the drilling and geophysical data of the super deep wells on the territory of Tatarstan / Plotnikova I.N., Hairtdinov R.Sh., Gvozd S.M. // Abstract Book of XXV General Assembly of the European Geophysical Society, EGS 2000, Nice. 25-29 April 2000.

45. Plotnikova I.N. Nonconventional hydrocarbon targets in the crystalline basement of the Tatarstan Republic / Gatiatullina N.G. // Abstract Book of International Geological Congress, Florence, 20-28 August, 2004

46. Pisetsky V. Fluid dynamics of the sedimentary cover and crystalline basement of the Tatarstan Republic, Russia, according to seismic data / Plotnikova I.N. // Abstract Book of International Geological Congress, Florence, 20-28 August, 2004

47. Precambrian crystalline Basement of the Tatarstan and the Origin of Oil Fields // Abstract Book of XXX General Assembly of the European Geophysical Union, EGU 2005, Vienna. 24-29 April 2005.

48. About Opportunity of Monitoring of Geophysical and Geochemical Fields in Super Deep Wells of Tatarstan // Abstract Book of XXXI General Assembly of the European Geophysical Union, EGU 2006, Vienna. 02-07 April 2006. (with Muslimov P. Kh; Gatiyatullin N. S.; Gatiyatullina N. G.; Ghilyazova T. V.)

49. New data of morden activ geofluid regim of fractured zones of crystalline basement and sedimentary cover of eastern part of Volgo-Ural region // Abstract Book of XXXI General Assembly of the European Geophysical Union, EGU 2006, Vienna. 02-07 April 2006.

Общая характеристика работы

Актуальность проблемы.

Около шестидесяти лет ведется разведка и разработка нефтяных месторождений Татарской нефтеносной области, которая почти 20 лет прочно удерживала первое место в нашей стране по объему нефтедобычи, дав к 1981 году второй миллиард тонн нефти. Значительное снижение нефтедобычи в последние годы, истощение фонда традиционных нефтяных объектов осадочного чехла, а также постоянно возрастающие потребности в природном углеводородном сырье создают необходимость поиска новых путей наращивания промышленных запасов нефти и газа, в частности за счет нетрадиционных объектов. Одним из них является докембрийский кристаллический фундамент, который в последние десятилетия признан самостоятельным объектом поисковых работ на нефть и газ по факту выявления промышленных запасов кристаллического фундамента в более чем 50-ти бассейнов мира. И хотя изучение нефтегазоносности фундамента и промежуточного комплекса уже имеет довольно продолжительную историю, остается очень много неразрешенных и дискуссионных вопросов. Наиболее значимо и актуально то, что проблема нефтегазоносности докембрийского фундамента древних платформ является наиболее важной составной частью общей геологической проблемы, связанной с оценкой перспектив нефтегазоносности гранитного слоя земной коры как нового нефтегазосного этажа литосферы, с закономерностями формирования нефтяных и газовых месторождений осадочного чехла, с глубинным строением Земной коры и протекающими в ней флюидодинамическими процессами.

Изучение газонефтяного потенциала кристаллического фундамента осадочных бассейнов в старых или стареющих нефтегазодобывающих районах и областях может создать условия для увеличения сырьевой базы нефтяной промышленности, поэтому оценке перспектив нефтегазоносности кристаллических пород Татарстана уделяется серьезное внимание уже более 30-ти лет. Основой для выбора данного объекта в качестве перспективного на нефть и газ явились результаты многолетних комплексных геолого-геофизических и геохимических исследований, которые включали бурение более 20-ти скважин, вскрывших кристаллический фундамент на глубину от первых

сотен метров до 4-х километров. Выполненные работы показали, что проблема формирования крупнейших месторождений нефти и газа не может быть решена в рамках только изучения осадочной толщи, а должна рассматриваться в тесной связи с геодинамическими процессами эволюции земной коры, влияние которых на миграцию и аккумуляцию нефти, зачастую, учитывается не в полной мере.

Цель работы заключается в изучении разуплотненных зон кристаллического фундамента Волго-Уральской антеклизы и разработке научного обоснования их перспектив в качестве потенциальных нефтегазоносных объектов.

Основные задачи исследования:

1. Комплексный анализ и обобщение материалов по особенностям нефтегазоносности кристаллического фундамента в осадочных бассейнах Евразии.

2. Анализ тектоно-магматической эволюции кристаллического фундамента восточной окраины Восточно-Европейской платформы и изучение факторов, определяющих формирование в его толще разуплотненных зон различной конфигурации и протяженности.

3. Обобщение, систематизация и комплексный научный анализ результатов глубокого бурения, а также геолого-геофизических, геохимических, гидрохимических исследований кристаллического фундамента Волго-Уральской антеклизы.

4. Проведение анализа результатов геофизических и геохимических исследований и испытаний разуплотненных зон кристаллического фундамента в глубоких и сверхглубоких скважинах. Обоснование возможности наличия в кристаллических породах фундамента высокочемких коллекторов и плохонепроницаемых пород, выполняющих роль зональных и локальных флюидоупоров.

5. Изучение характера распределения разуплотненных зон в кристаллическом фундаменте, их флюидонасыщенности. Анализ результатов геохимических, битуминологических, гидрохимических исследований свободных флюидов разуплотненных зон.

6. Изучение и обоснование современной геодинамической активности разуплотненных зон кристаллического фундамента.

фундамента / Петрова Л.М., Борисова Л.Н., Романов Г.В., Плотникова И.Н. // Генезис нефти и газа. – Сб. научных трудов под редакцией А.Н.Дмитриевского и А.Э.Конторовича. – Москва: Изд-во «Геос», 2003. – С.154-155.

36. Плотникова И.Н. О современной геодинамической активности разуплотненных зон кристаллического фундамента // Нетрадиционные коллекторы нефти, газа и природных битумов. Проблемы их освоения. – Казань: Изд-во КГУ, 2005. – С. 216-219.

37. Гатиятуллин Н.С. Оценка перспектив нефтегазоносности коры выветривания и верхних участков разреза кристаллического фундамента Северо-Татарского свода / Плотникова И.Н. // Там же. – С. 66-68.

38. Губайдуллин А.А. Коллектора реологических залежей воронежско-елецкого карбонатного комплекса Татарстана / Хисамов Р.С., Плотникова И.Н. Кормильцев Ю.В., Абдуллин Р.Н., Петров С.И. // Там же. – С. 84-87.

Тезисы докладов

39. Плотникова И.Н. О нефтеносности карбонатных толщ Ромашкинского месторождения в связи с тектоническими разломами // Пути развития научно-технического прогресса в нефтяной геологии. – Альметьевск, 1988. – С.63-65.

40. Плотникова И.Н. Нетрадиционные источники углеводородов в геодинамически активных зонах Южно-Татарского свода / Краюшкин В.А. // Геодинамические основы прогнозирования нефтегазоносности недр. Первая Всес. конф. 6-8 сентября 1988 г. – Москва. – Ч.2. – С.378-379.

41. Плотникова И.Н. О связи нефтеносности недр Татарии с дегазацией Земли / Морозова Р.М., Гусева Э.Е., Ляшенко Л.Б. // Дегазация Земли и геотектоника. III Всесоюзное совещание, Москва, апрель 1991 г. – Москва, «Наука», 1991. – С. 238-239.

42. Муслимов Р.Х. Методические основы выявления и подготовки объектов в кристаллическом фундаменте для постановки глубокого поискового бурения / Назипов А.К., Плотникова И.Н. // Нетрадиционные источники углеводородного сырья и проблемы его освоения. – С.-Петербург, 1997. – С. 95-96.

43. Косачев И.П. Сопоставительный анализ органического вещества осадочных и метаморфизованных пород / Петрова Л.М., Плотникова И.Н., Романов Г.В. // Химия нефти: Материалы 3

республиках и областях Волго-Камского региона. Доклады заседания «Круглого стола». – Казань: Изд-во «Мастер Лайн», 2000. – С. 38-44.

27. Зубайраев С.Л. Нетрадиционная технология комплексирования аэрогеохимических и геодинамических исследований в связи с поисками нефти / Лаубенбах Е.А., Видяпин Ю.П., Плотникова И.Н., Трофимов В.А. // Новые идеи поиска, разведки и разработки нефтяных месторождений. Труды научно-практической конференции VII международной выставки «Нефть, газ – 2000», Казань, 5-7 сентября 2000 г. – Казань, «Экоцентр», 2000. – С. 69-74.

28. Шаров В.И. Геодинамика Южно-Татарского свода по данным глубинной геофизики / Трофимов В.А., Плотникова И.Н. // Там же. – С. 75-76.

29. Писецкий В.Б. Перспективы нефтеносности Татарстана с позиции активных флюидных процессов. / Муслимов Р.Х., Шилина Г.В., Плотникова И.Н. // Там же. – С. 133-144.

30. Озол А.А. Новые направления глубинного поиска залежей нефти и газа / Плотникова И.Н., Трофимов В.А., Хайретдинов Ф.М. // Там же. – С. 145-150.

31. Озол А.А. Геохимические показатели нефтегазоносности недр / Озол А.А., Беговатов Е.А., Плотникова И.Н., Тихонова С.К. // Там же. – С. 308-313.

32. Плотникова И.Н. К перспективам нефтегазоносности коры выветривания архейского фундамента Татарского свода / Кавеев И.Х., Тарасов Е.А. // Там же. – С. 385-392.

33. Плотникова И.Н. Характеристика микроэлементного состава битумоидов фундамента Татарии / Андреев А.В., Чебуркин А.К., Курзель З.И. // Нетрадиционные источники углеводородного сырья, их распространение и проблемы освоения. – СПб.: ВНИГРИ, 2000. – С. 114 - 117.

34. Муслимов Р.Х. Перспективы нефтегазоносности кристаллического фундамента – важного источника углеводородного сырья в будущем / Изотов В.Г., Романов Г.В., Ситдинов Л.М., Плотникова И.Н. // Сборник трудов Региональной Международной конференции AAPG. – СПб.: ВНИГРИ, 2001. – Р. 12-6.

35. Косачев И.П. Новый подход к детектированию нефтепроявлений в зонах трещиноватости кристаллического

7. Анализ связи нефтеносности осадочного чехла со строением и тектоно-магматической эволюцией фундамента.

Экспериментальный материал. Основу диссертации составили:

- результаты бурения более 50-ти параметрических, оценочных, поисковых и разведочных скважин, которые вскрывали породы кристаллического фундамента на значительную глубину, и в которых проводился широкий комплекс различных геолого-геофизических, геохимических и гидрогеологических исследований;

- результаты бурения более 100 эксплуатационных скважин, вскрывших фундамент на незначительную глубину, в которых проводились скважинные геофизические исследования разреза фундамента и опробования его разуплотненных зон на приток.

- результаты регионального сейсмического профилирования, выполненного на территории Татарстана и в прилегающих регионах с начала девяностых годов прошлого столетия;

- результаты специальных исследований, выполненных в пределах Татарстана на основе метода сейсмической локации бокового обзора, метода исследования геоакустических шумов, метода динамико-флюидного моделирования;

- результаты битуминологических исследований керна и шлама из кристаллического фундамента;

- результаты геохимических исследований более 50-ти проб нефтей осадочного чехла и битумоидов кристаллического фундамента, их микроэлементного состава;

- результаты более 500 анализов глубинных проб глинистого раствора, отобранного в стволе скважины 20009-Новоелховской в период с 1991 по 1996 годы.

- результаты мониторинга состава подземных вод кристаллического фундамента, проведенного в период с 1998 по 2003 годы.

Личный вклад диссертанта. Диссертационная работа выполнялась с 1994 по 2000 годы в ТГРУ ОАО «Татнефть» и с 2000 по 2005 годы – в Государственном комитете по геологии Республики Татарстан и Министерстве экологии и природных ресурсов Республики Татарстан. При непосредственном участии

диссертанта и под его руководством проводился сбор, систематизация и анализ результатов бурения и исследования параметрических и других скважин, вскрывших кристаллический фундамент на значительную глубину.

Лично автором были проведены сбор, систематизация и комплексный анализ результатов бурения, глубинного сейсмического профилирования, геологических, геофизических, геохимических, битуминологических, гидрохимических исследований кристаллического фундамента Татарстана, выполненных в период с конца 70-ых годов прошлого столетия до настоящего времени различными специалистами, в том числе с участием автора.

Автор принимал непосредственное участие в выборе объектов исследования (определение интервалов опробования фундамента, выбор участков для проведения работ методом сейсмической локации бокового обзора, выбор скважин для осуществления высокоточных термометрических исследований, регистрации геоакустических шумов).

Лично автором проводился выбор скважин и отбор образцов керна и шлама для специальных битуминологических исследований, анализ и сопоставление их результатов с геофизическими данными, построение разрезов кристаллического фундамента по скважинам и структурных карт по кровле кристаллического фундамента. Выполнялись организация работ и анализ результатов по исследованию кристаллического фундамента методами сейсмической локации бокового обзора на более чем 10-участках бурения глубоких скважин и локальных объектах, выявленных по данным сейморазведки.

При непосредственном участии диссертанта была предложена, разработана и реализована программа по мониторингу гидрохимических показателей пластовых вод разуплотненных зон кристаллического фундамента. Автор принимал активное участие в отборе образцов керна, шлама и растворенного газа из кристаллического фундамента, в организации и проведении работ по их исследованию, в систематизации и анализе полученных результатов.

Научная новизна исследований.

Впервые проведены обобщение, систематизация и научный анализ обширного геолого-геофизического и геохимического

геологии и геоморфологии Южного Урала и Приуралья. – Уфа: Изд-во БФ АН СССР, 1988. – С. 27-33.

19. Муслимов Р.Х. Основные этапы и результаты исследований кристаллического фундамента Татарстана / Назипов А.К., Плотникова И.Н., Трофимов В.А., Чиркин И.А., Плотников Н.А. // Перспективы нефтегазоносности кристаллического фундамента на территории Татарстана и Волго-Камского региона: Тр. Научно-практической конференции, посвященной 50-летию открытия девонской нефти Ромашкинского месторождения – Казань: «Новое Знание», 1998. – С. 7-9.

20. Плотникова И.Н. К вопросу о новых направлениях и методике поиска нефти и газа в кристаллическом фундаменте Татарстана // Там же. – С. 41-46.

21. Косачев И.П. Битумопроявления пород кристаллического фундамента Татарстана по данным скважины 20020 Бавлинской и 20009 Новоелховской / Романов Г.В., Плотникова И.Н., Петрова Л.М. // Там же. – С. 58-62.

22. Доронкин К.Н. Подземные воды кристаллического фундамента республики Татарстан и основные направления их изучения / Ибрагимов Р.Л., Каримов М.Ж., Назипов А.К., Плотникова И.Н., Доронкин А.К. // Там же. – С. 84-89.

23. Шаров В.И. Тектонофизический анализ разломной тектоники Южно-Татарского свода в связи с его нефтегазоносностью / Трофимов В.А., Муслимов Р.Х., Назипов А.К., Плотникова И.Н. // Там же. – С. 107-109.

24. Плотникова И.Н. Основные результаты геолого-геофизических исследований кристаллического фундамента в интервале 5524-5809 метров скважины 20009 Ново-Елховской / Хайретдинов Р.Ш., Лопухов В.С., Дедюлин А.А., Святкина Т.А., Насибуллина М.А., Филоненко Ф.К. // Там же. – С. 148-155.

25. Плотникова И.Н. Природная и техногенная цикличность свойств добываемой нефти (на примере Ромашкинского месторождения) / Нургалиев Д.К., Муслимов Р.Х. // Новые идеи в геологии и геохимии. – Материалы четвертой Международной конференции. – Москва: Изд-во МГУ, 2000. – С. 250-251.

26. Трофимов В.А. Кристаллический фундамент Татарстана как возможный источник природного газа / Плотникова И.Н. // Проблемы обеспечения запасами углеводородов в

Плотникова И.Н. // «Геология нефти и газа». – 2004. – Специальный выпуск по материалам межрегионального совещания. – С. 20-27.

10. Муслимов Р.Х. Нефтяные и газовые месторождения – саморазвивающиеся и постоянно возобновляемые объекты / Глумов И.Ф., Плотникова И.Н., Трофимов В.А., Нургалиев Д.К. // «Геология нефти и газа». – 2004. – Специальный выпуск по материалам межрегионального совещания. – С. 43-49.

11. Плотникова И.Н. Особенности распределения зон коллекторов кристаллического фундамента в разрезе скв. 20009-Новоелховская // «Геология нефти и газа». – 2004. – № 4. – С. 12-18.

12. Плотникова И.Н. Современный процесс возобновления запасов углеводородного сырья: гипотезы и факты // «Георесурсы». – 2004. – № 1. – С. 40-41

13. Муслимов Р.Х. К вопросу о роли эндогенного фактора в формировании и распределении нефтегазоносности осадочных бассейнов (на примере Татарстана) / Постников А.В., Плотникова И.Н. // «Георесурсы». – 2005. – № 1 (16). – С. 37-39.

14. Kenney J.F. Dismissal of the Claims of a Biological Connection for Natural Petroleum / Shnyukov Ac. Ye., Krayushkin V. A., Karpov I.K., Kutcherov V. G., Plotnikova I.N. // *Energia*. – 2001. – 22/3. – P. 26-34.

15. Plotnikova I.N. Nonconventional hydrocarbon targets in the crystalline basement, and the problem of the recent replenishment of hydrocarbon reserves // *Journal of Geochemical Exploration*. – 2006. – № 89. – P. 335 – 338.

16. Nourgaliev D.K. Variation of i-butane/n-butane ratio in oils of the Romashkino oil field for the period of 1982-2000: Probable influence of the global seismicity on the fluid migration / Muslimov R.Kh., Sidorova N.N., Plotnikova // *Journal of Geochemical Exploration*. – 2006. – № 89. – P. 293 – 296.

Статьи, доклады, материалы конференций

17. Плотникова И.Н. Задачи поисково-разведочных работ на пермские битумы в XII пятилетке / Кобряков В.И., Николишин Е.Д. // Пути повышения эффективности подготовки новых запасов нефти на месторождениях Татарии. – Альметьевск, 1985. – С.95-99.

18. Плотникова И.Н. Детализация тектонической структуры поверхности фундамента на Южно-Татарском своде / Кавеев И.Х., Плотников Н.А., Сулейманов Э.И. // Вопросы

материала, полученного в процессе изучения кристаллического фундамента Татарстана за последние 40 лет.

На основе достоверного и представительного фактического материала доказано широкое развитие в теле кристаллического фундамента разуплотненных зон различной мощности и протяженности. Установлены особенности распределения данных разуплотненных зон по площади и разрезу. Выявлена приуроченность потенциальных зон-коллекторов кристаллического фундамента к породам большечеремшанской серии, а также к участкам мигматизации и активной диафторической переработки пород.

На основе анализа динамики газонасыщенности и гидрохимических характеристик пластовых вод разуплотненных зон кристаллического фундамента установлена современная геодинамическая активность данных зон.

Впервые на основе анализа геодинамических факторов и флюидодинамических процессов выявлена связь между особенностями тектоно-магматической эволюции кристаллического фундамента и размещением нефтяных месторождений в осадочном чехле.

Изучен микроэлементный состав битумоидов фундамента и нефтей осадочного чехла.

Основные защищаемые положения:

1. На основе анализа палеогеодинамического, геодинамического и флюидного режимов развития земной коры в пределах востока Волго-Уральской антеклизы теоретически обоснована возможность формирования в верхних частях ее консолидированного фундамента разуплотненных зон различной протяженности и конфигурации. Существование подобных зон практически продемонстрировано по данным геолого-технологических, петрографических и геофизических методов исследования разрезов глубоких и сверхглубоких скважин на данной территории.

2. Основываясь на геологических, геофизических, геохимических и промысловых результатах бурения сверхглубоких скважин предложена новая модель распространения зон-коллекторов в кристаллических породах фундамента в пределах востока Волго-Уральской антеклизы. Показано, что разуплотненные зоны фундамента приурочены, в основном, к

гранитизированным и катаклазированным породам большечеремшанской серии, а также к зонам диафтореза и интервалам смены петрографического состава пород, и фиксируются предлагаемым комплексом геолого-геофизических методов.

3. Геохимические, битуминологические и гидрохимические исследования флюидов кристаллического фундамента обосновывают возможность его промышленной нефтегазоносности, а мониторинг флюидонасыщенности его разуплотненных зон доказывает их современную геодинамическую активность.

4. На основе анализа тектоно-магматической эволюции вещественных комплексов кристаллического фундамента установлена зависимость распределения нефтеносности осадочного чехла от структурно-вещественной неоднородности фундамента, определяющей его проницаемость для различных флюидных систем, позволяющая оценивать перспективы нефтегазоносности осадочного чехла и прилегающих к нему разуплотненных зон.

Практическая значимость.

На основе выполненного анализа результатов геофизических исследований кристаллического фундамента в скважинах и результатов опробования потенциальных разуплотненных объектов разработаны практические рекомендации по исследованию зон-коллекторов кристаллического докембрия.

Обоснована возможность формирования в разуплотненных зонах фундамента Волго-Уральской антеклизы промышленных скоплений нефти и газа. Доказано, что в пределах Волго-Уральской антеклизы породы кристаллического фундамента являются самостоятельным поисковым объектом на нефть и газа. Определены наиболее перспективные участки для локализации работ по оценке перспектив нефтегазоносности фундамента данного региона. Рассмотрен наиболее эффективный комплекс геолого-геофизических работ, направленных на изучение докембрийской кристаллической толщи.

Доказано, что вещественный состав фундамента, степень неоднородности его состава и последующей гидротермальной переработки в совокупности с параметрами современной флюидодинамики и неотектонической активности могут рассматриваться в качестве новых поисковых критериев оценки нефтегазоносности как осадочного чехла, так и его

Основные работы, опубликованные по теме диссертации

Монографии

1. Плотникова И.Н. Нефтегазоносность кристаллических пород фундамента осадочных бассейнов Евразии / Киев, 1987. – 52 с. – Институт геологических наук АН УССР (препринт № 87-19).

2. Кристаллический фундамент Татарстана и проблемы его нефтегазоносности / Под редакцией Р.Х. Муслимова, Т.А. Лапинской. – Казань: Изд-во «Дента», 1996. – 488 с.

3. Плотникова И.Н. Геолого-геофизические и геохимические предпосылки перспектив нефтегазоносности кристаллического фундамента Татарстана / С-Петербург: «Недра», 2004. – 172 с.

Статьи в научных журналах

4. Плотникова И.Н. Анализ результатов испытаний перспективных объектов в породах кристаллического фундамента // «Георесурсы». – 2000. – № 3(4). – С. 19-23.

5. Геодинамические и геохимические аспекты глубинного нефтегазообразования в платформенных условиях // «Георесурсы». – 2002. – № 1 (9). – С. 12-16. (в соавторстве с Озол А.А., Назиповым А.К., Хайретдиновым Ф.М.)

6. Озол А.А. Процессы полигенного нефтегазообразования на территории Татарстана / Назипов А.К., Плотникова И.Н., Хайретдинов Ф.М. // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2002. – № 6.

7. Плотникова И.Н. Сравнительный анализ интервалов-коллекторов, выделенных в разрезе скв. 20009 различными геофизическими методами // «Георесурсы». – 2003. – № 4(12) – С. 11-16.

8. Готтих Р.П. Согласованность геофизических, геохимических и флюидодинамических данных как аргументация глубинности углеводородообразующих систем / Писоцкий Б.И., Егоркин А.В., Плотникова И.Н., Назипов А.К. // «Георесурсы». – 2003. – № 4. – С. 33-37.

9. Готтих Р.П. Парагенезис аномальных геофизических и геохимических полей и углеводородных скоплений в Волго-Уральской нефтегазоносной провинции (на примере Южно-Татарского свода) / Писоцкий Б.И. Малинина С.С., Романов Ю.А.,

всех осадочных бассейнов, в пределах которых выявлены гранитоидные массивы и выступы фундамента, участки неоднократной и активной гидротермальной переработки фундамента, отмечено активное развитие блоковой тектоники, наличие мощных и протяженных кор выветривания, непроницаемых пластов-покрышек, залегающих на кровле КФ в основании осадочного чехла.

К основным методам, использование которых необходимо при исследовании кристаллического фундамента, следует отнести сейсмические исследования с применением различных новых систем и алгоритмов обработки и переинтерпретации полученного материала, высокоточные термометрические исследования, высокоточные трехмерные магнитометрические исследования, исследования методом сейсмической локации бокового обзора, использование оптимального комплекса ГИС и современных технологий трехмерного вертикального сейсмического профилирования. А также использование оптимальных параметров бурения (прежде всего оптимальная плотность бурового раствора) и испытания потенциальных объектов (недопущение длительного простоя между вскрытием и опробованием пласта, обеспечение определенного значения коэффициента депрессии). Полученные за последний год результаты бурения и опробования интервалов кристаллического фундамента все чаще указывают на пониженные пластовые давления разуплотненных зон, что с одной стороны подтверждает их современное развитие, с другой – значительно затрудняет получение пластового флюида и его всестороннее изучение. Необходимо продолжать картирование вещественного состава фундамента путем его разбуривания с отбором керн в поисковых, разведочных скважинах.

Таким образом, особую актуальность приобретает необходимость формирования научно обоснованных проектов и комплексной методики проведения поисков и разведки промышленных скоплений нефти и газа в кристаллических породах фундамента как самостоятельного и нетрадиционного поискового объекта.

консолидированного основания. Показана возможность использования данных о внутренней неоднородности кристаллического фундамента и особенностях его строения и эволюции в планировании поисково-оценочных работ на нефть.

Апробация работы.

Результаты исследований автора по теме диссертации неоднократно докладывались на рабочих совещаниях и научно-практических конференциях ОАО «Татнефть», начиная с 1995 года. В качестве научных докладов они были представлены на III Всесоюзном совещании «Дегазация Земли и геотектоника» (Москва, 1991), Международных симпозиумах и конференциях «Нетрадиционные источники углеводородного сырья и проблемы его освоения» (Санкт-Петербург, 1992, 1997); «Перспективы нефтегазоносности кристаллического фундамента на территории Татарстана и Волго-Камского региона» (Казань, 1997), «Химия нефти» (Томск 1997), «Новые идеи в геологии и геохимии нефти и газа» (Москва, 2000), «Нетрадиционные коллекторы нефти, газа и природных битумов. Проблемы их освоения» (Казань, 2005), на Всероссийских научных и научно-практических конференциях «Малоизученные нефтегазоносные комплексы Европейской части России» (Москва, 1997), «Природные резервуары углеводородов и их деформации в процессе разработки нефтяных месторождений» (Казань, 2000), «Новые идеи поиска, разведки и разработки нефтяных месторождений» (Казань, 2000), «Критерии оценки нефтегазоносности ниже промышленно освоенных глубин и определение приоритетных направлений геологоразведочных работ» (Пермь, 2000), на XIV Губкинских чтениях «Развитие идей И.М.Губкина в теории и практике нефтегазового дела» (Москва, 1996), «Стратегия развития минерально-сырьевого комплекса Приволжского и Южного федеральных округов на 2006 и последующие годы» (Саратов, 2005) и других. Доклады автора были представлены также на XXV General Assembly of the European Geophysical Society, EGS 2000 (Nice, France 2000), Международном геологическом конгрессе (Флоренция, 2003), 20th International Meeting on Organic Geochemistry (Nancy, France, 2001), XXX и XXXI General Assembly of the European Geophysical Union, EGU 2005, 2006, (Vienna, Austria, 2005, 2006), Пятой Международной конференции «Geofluids» (Уинсор, 2006).

Объем и структура работы.

Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения. Она включает 314 страниц, в том числе 189 страниц текста, 57 рисунков, 27 таблиц и список литературы из 272 наименований.

Публикации.

По теме диссертации опубликовано 49 работ, из них 3 монографии, 35 статей и докладов в журналах и трудах конференций, 11 тезисов. Всего в издательствах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией России, опубликовано 12 научных работ.

Автор выражает глубокую благодарность профессору Р.Х.Муслимову, а также Р.Ш.Хайретдинову, И.Х.Кавееву, Р.И.Юсупову, Р.Н.Абдуллину, Н.С.Гатиятуллину, А.К.Назипову, всем сотрудникам тематической партии ТГРУ за совместную работу в области изучения фундамента Татарстана и неоценимую помощь. Автор искренне благодарит В.А.Краюшкина, Р.П.Готтих, Б.И.Писоцкого, А.В.Постникова, Л.П.Попову, В.А.Трофимова, Д.К.Нургалиева, Н.Н.Христофорову за многолетнее сотрудничество, ценные советы, научные консультации и критические замечания. За большое содействие на разных этапах исследований автор выражает глубокую признательность И.А.Чиркину, В.И.Шарову, В.А.Екименко, В.Б.Писецкому, а также сотрудникам ОАО «Татнефтегеофизика», Казанского государственного университета, Института геологических наук НАН Украины, ТГРУ ОАО «Татнефть», Альметьевского управления буровых работ, Альметьевского управления геофизических работ.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение

В настоящее время кристаллический фундамент платформ вызывает большой и живой интерес у геологов нефтяников во всем мире, благодаря открытию за последние десятилетия в породах фундамента многочисленных залежей и месторождений нефти и газа, в том числе крупных и крупнейших. Высокая продуктивность и накопленная добыча данных месторождений позволяет выделить новый нефтегазоносный этаж литосферы, оценка перспектив нефтегазоносности которого является важной и актуальной задачей современной нефтяной геологии. Бурение

Выявлена связь между особенностями тектономагматической эволюции кристаллического фундамента Волго-Уральской антеклизы и размещения нефтяных месторождений в палеозойском чехле. Структурно-вещественная неоднородность фундамента определяет его флюидопроницаемость в периоды тектонической активности и влияет на характер распределения нефтеносности осадочного чехла. Вещественный состав фундамента, степень неоднородности его состава и последующей гидротермальной переработки в совокупности с параметрами современной флюидодинамики и неотектонической активности могут рассматриваться в качестве новых поисковых критериев оценки нефтегазоносности осадочного чехла и кристаллического фундамента.

На основе выполненного комплексного анализа геолого-геофизического материала по разуплотненным зонам кристаллического фундамента, а также на основе предложенных новых поисковых критериев оценки нефтегазоносности осадочного чехла и кристаллического фундамента обоснованы первоочередные направления изучения фундамента Волго-Уральской антеклизы.

Перспективными для поиска нефти и газа как в осадочном чехле, так и в породах фундамента, являются те участки осадочных бассейнов, которые приурочены к областям развития гранитоидных массивов (а также участков гранитизации, развития диоритов, гранодиоритов), неоднократной переработки кристаллических пород в сочетании с наложенной неотектонической активностью. Перспективными участками Волго-Уральской антеклизы, заслуживающими внимания, наряду Бакалинским, являются Привятский и Свияжский гранитоидный массивы, а также территории примыкающие к ним. Благоприятным фактором является наличие непроницаемых осадочных пород, залегающих на поверхности кристаллического фундамента. Данным условиям отвечает центральная часть Северо-Татарского свода. Кроме этого, благоприятные условия для формирования залежей нефти и газа в кристаллических породах фундамента могут быть обусловлены реологическими особенностями зон разуплотнения в соответствии с представлениями о вязко-упругом напряженно-деформированном состоянии в моделях сред с дискретной структурой.

Проблема оценки перспектив нефтегазоносности кристаллического фундамента является актуальной задачей для

параметрами современной флюидодинамики и неотектонической активности могут рассматриваться в качестве новых поисковых критериев оценки нефтегазоносности осадочного чехла и кристаллического фундамента. В конечном итоге и строение нефтегазоносного осадочного бассейна (закономерности пространственного размещения структур первого порядка), и создание условий миграции и аккумуляции углеводородов определяются единой структурно-вещественной эволюцией земной коры и верхней мантии, включая неотектонические процессы.

Заключение

В диссертационной работе поставлена и решена крупная научная проблема: на основе изучения, комплексного анализа и обобщения данных по многолетним геолого-геофизическим и геохимическим исследованиям кристаллического фундамента Волго-Уральской антеклизы разработано научное обоснование перспектив его разуплотненных зон в качестве потенциальных нефтегазоносных объектов.

На основе анализа палеогеодинамического, геодинамического и флюидного режимов развития восточной части Восточно-Европейской платформы обоснована возможность формирования в верхней части земной коры разуплотненных зон различной мощности, протяженности и конфигурации в различные периоды геологического развития региона. На основе детального изучения и анализа представительного фактического материала доказано современное широкое развитие в кристаллическом фундаменте Волго-Уральской антеклизы разуплотненных флюидонасыщенных зон, являющихся объектами современных процессов массопереноса и геодинамической активности. Установлены геологические особенности распределения данных зон по площади и разрезу кристаллического фундамента, выявлена приуроченность потенциальных зон коллекторов к областям развития большечеремшанской серии кристаллических пород и участкам их активной переработки.

Исследованы битуминозность кристаллических пород, газогидрохимические характеристики пластовых вод его потенциальных зон-коллекторов, обосновывающие миграционный характер битумоидов фундамента и возможность присутствия в нем промышленных скоплений нефти и газа.

значительного числа специальных сверхглубоких и глубоких скважин, вскрывших кристаллический фундамент на значительную глубину, впервые доказало широкое развитие в нем разуплотненных зон, содержащих свободные флюиды в значительной степени обогащенные углеводородным веществом. Изучение фундамента позволило приблизиться к пониманию глобальных геологических процессов, связанных с консолидацией коры, эволюцией процессов дегазации, формированием и развитием флюидных систем, периодичностью и стадийностью крупных геологических событий в истории Земли и многим другим. Сейчас уже не вызывает сомнения тот факт, что особенности строения и геодинамической эволюции осадочных бассейнов определяются еще на доплатформенной стадии их развития. Поэтому должна существовать тесная взаимосвязь между тектономагматической эволюцией фундамента, геодинамикой развития осадочного бассейна и характером размещения в нем полезных ископаемых. Выявление и изучение этой связи не только позволит понять первооснову геологических процессов, но даст возможность разработать новые критерии поиска месторождений нефти и газа.

1. Нефтегазоносность кристаллических пород фундамента в различных осадочных бассейнах Евразии

Месторождения нефти и газа, запасы которых частично или полностью приурочены к породам кристаллического фундамента, установлены на всех континентах и шельфах, кроме Антарктиды. Они сосредоточены в 28 кратогенно-рифтовых и 22 эпигорогенно-рифтовых осадочных бассейнах, среди которых Боуэн-Суратский, Западно-Яванский и Южно-Калимантанский – в Австралии и Австралазии; Ассамско-Араканский, Аральский, Бухаро-Хивинский, Западно-Сибирский, Каракумский, Мангышлакский, Ферганский – в Азии; Иллизийский, Куанзаский, Предрифский, Суэцкий – в Африке; Анадаркский, Вентурский, Западно-Канадский, Западный Внутренний, Лос-Анджелесский, Пермский и Сан-Хоакинский – в Северной Америке; Восточно-Венесуэльский, Марахайбский, Некенский, Сержип-Алагуашский и Фальконский – в Южной Америке, а также Паннонский, Печорский, Предкавказский, Предкарпатский и Северо-Крымский – в Европе.

При этом наибольшее число месторождений с выявленной газо- и нефтеносностью фундамента приходится на Африку и Азию.

В Азии особого внимания заслуживает Западно-Сибирский бассейн, где установлена региональная нефтегазоносность фундамента, в кристаллических породах которого сосредоточена часть промышленных запасов нефти и газа таких известных месторождений России, как Советско-Соснинско-Медведовское, Южно-Черемшанское, Казанское, Лугинское, Мыльджинское, Пунгинское и другие. На Африканском континенте из 97 месторождений, запасы нефти и газа которых частично или полностью связаны с фундаментом, 79 приходится на долю Сиртского бассейна – кратонического рифта, давшего миру такие гигантские скопления нефти, как Сарир (1339 млн.м³), Амаль (673 млн.м³), Ауджила и Нафора (совместные начальные извлекаемые запасы 208 млн.м³), Рагуба (165 млн.м³), Дара (114 млн.м³), Бу-Аттифель (102 млн.м³), а также месторождения газа – Хатейба (340 млн.м³).

К кристаллическим породам фундамента приурочена часть промышленных запасов нефти таких уникальных гигантских аккумуляций нефти (млн.м³), как Лонг-Бич (148), Керн-Ривер (200), Уилмингтон (382) в США, Кармополис (176) – в Бразилии, Мара (121), Ля-Пас (260), нефтяной пояс Ориноко (480 000) – в Венесуэле, Ля-Бреа-Париньяс-Талара (175) – в Перу, Джатибаранг (112) – в Индонезии; газа (млрд.м³) – Джиджеалпа (140) в Австралии, нефтегазовые – Хьюгтон – Панхендл (2 трлн.м³ газа и 223 млн.т нефти) в США, Ля-Веля (42 млрд.м³ газа и 50 млн.т нефти) в Венесуэле и Пис-Ривер (140 млрд.м³ газа и 18,6 млрд.т нефти) в Канаде. О размерах залежей нефти и газа, связанных непосредственно с кристаллическими породами, можно судить по следующим данным, установленным бурением: толщина разреза фундамента, продуктивного на нефть и газ, составляет десятки метров, достигая в ряде случаев 300-1500 м (месторождения Эдисон, Мара, Ля-Пас, Амаль-Ауджила-Нафора, Оймаша, Цзинлонтай, Елей-Игайское, Леньцю и Малоичское) при пористости и проницаемости соответственно 0,5-28% и 0,05-815 фм². Скважины, фонтанирующие из таких толщ, дают до 3 млн.м³ газа и 4600 тонн нефти в сутки. При этом размеры площадей, на которых фундамент продуктивен, равны 2,58 тыс.км² – в Ауджиле-Нафора-Амаль, 20 тыс.км² – в Хьюгтон-Панхендле, 42 тыс.км² – в

определенные промежутки времени и при этом часто возникает унаследованность в развитии и проявлении тех или иных процессов в верхних горизонтах земной коры. Последний факт объясняется тем, что в случае однажды образовавшейся тепловой аномалии в верхней мантии, сохраняющейся около 80-100 млн. лет, последующие инъекции материала на новом этапе активизации будут перераспределяться в основном в пределах областей, где температуры выше (Артюшков Е.В., 1979).

Полученные представления о проявлениях восстановительной дефлюидизации и ее цикличности в пределах юго-востока Русской плиты основываются на материалах изучения металлогенической специализации пород, различных классов углеродистых веществ, реликтов флюидов, законсервированных в мельчайших трещинках пород и минералов, методами петрографии, термобарогеохимии, масс-спектрометрии, нейтронно-активационного анализа, хроматографии (Р.П.Готтих, Б.И.Писоцкий и др.).

Декомпрессия глубинных зон, вызванная мантийными процессами на протяжении всей истории развития региона, привела к становлению древних докембрийских комплексов различного петрографического состава. Также она обусловила развитие рифейского рифтогенеза и заложение в раннем протерозое линейных разломов и более поздних систем нарушений, сформировавших, с одной стороны, структуру осадочного чехла Южно-Татарского свода и Мелекесской впадины, с другой – обеспечивших проникновение флюидных систем и формирование аномальных геохимических полей в отложениях палеозоя. Унаследованность в развитии гамма-поля в геологическом разрезе, сопоставимость его с разломно-блоковой структурой фундамента и осадочного чехла, сопряженность аномальных зон с нефтеносностью дает основание предположить сопряженность и взаимообусловленность глубинных процессов и размещения нефтяных месторождений.

Таким образом, структурно-вещественная неоднородность фундамента определяет его флюидопроницаемость в периоды тектонической активности и влияет на характер распределения нефтеносности осадочного чехла. Следовательно, вещественный состав фундамента, степень неоднородности его состава и последующей гидротермальной переработки в совокупности с

территорий можно судить по результатам глубинного сейсмопрофилирования, выполненного силами ОАО «Татнефтегеофизика» за последние 20 лет, а также по материалам геотраверсов «Гранит» и «Татсейс-2003».

Вопросы глубинного строения земной коры и геодинамики недр территории центральной части Волго-Уральской антеклизы по данным геофизических исследований рассматривались в работах В.А.Трофимова, В.И.Шарова, Г.Е.Кузнецова, В.Б.Писецкого, А.А.Макушина и др.

Результаты глубинного сейсмопрофилирования позволяют предположить наличие существенных различий в глубинном строении земной коры в пределах восточной и западной частей Республики Татарстан. В частности в пределах Предволжья (восточный склон Токмовского свода, западный борт Мелекесской впадины), земная кора характеризуется значительно меньшей расслоенностью, представляя собой (за исключением осадочной части) однородную среду, рассеченную на отдельные блоки узкими сквозными зонами (Б.А.Мулюков, 2002). На глубинных разрезах под Южно-Татарским сводом и его обрамлением выявлены геофизические аномалии, формирующие локальные разномасштабные объекты. Высокие коэффициенты отражения и поглощения сейсмических волн объектов консолидированной земной коры позволяют интерпретировать их как среды, насыщенные флюидами. Природа флюидонасыщенных зон по данным интерпретации сейсмических параметров с достаточной степенью вероятности может быть отнесена к зонам снижения степени сжатия осадочного чехла и фундамента по горизонтальной компоненте современного напряженно-деформированного состояния. Геометрия этих зон не противоречит выполненным прогнозам по картам параметров неотектонических процессов, найденных по результатам целенаправленной переинтерпретации сети региональных сейсмических профилей.

Основы последовательного развития флюидодинамических очагов в разрезах земной коры освещались П.Н.Кропоткиным, Б.М.Валевым, К.А.Аникеевым и др.

Периодическая активизация в режиме глубинных тепломассопотоков поддерживает и возобновляет систему коровых волноводов вплоть до трещиновато-пористых сред осадочного чехла. При схлопывании волноводов цикл возобновляется через

Оринокомском нефтеносном поясе, 77 тыс.км² – в поясе тяжелой нефти Канады.

Вопросами исследования промышленной нефтегазоносности фундамента платформ и анализом ее размещения в различных нефтегазоносных бассейнах мира в разные годы занимались В.Б.Порфирьев, В.А.Краюшкин, Е.Р.Алиева, Е.В.Кучерук, В.Л.Шустер, Е.Г.Арешев, В.В.Поспелов, В.П.Гаврилов, А.И.Лукин и другие.

Промышленные скопления нефти и газа в кристаллических породах фундамента отнюдь не случайны и не единичны. Кристаллический фундамент, к трещиноватым породам которого приурочены залежи нефти и газа, может быть и гетерогенным (кратоническим и эпиорогенным), и гетерохронным (архейским, протерозойским, палеозойским и мезозойским). Отмечена связь нефтегазоносности фундамента с его погребенными выступами.

Спектр пород, слагающих продуктивные толщи кристаллического фундамента, также весьма широк. Наряду с интрузивными и эффузивными образованиями, он представлен мраморизованными известняками, гранито-гнейсами, различными кристаллическими сланцами и амфиболитами. Часто в строении коллектора-резервуара одновременно участвует несколько видов разных пород. Тем не менее, обобщения, выполненные Арешевым Е.Г., Поспеловым В.В., Лукиным А.Е. и др., свидетельствуют, что наибольшее количество нефтяных и газовых месторождений, полностью или частично связанных с кристаллическим фундаментом, приурочено к гранитоидам и метаморфическим породам.

Определяющими факторами при этом являются разнообразные по характеру и интенсивности вторичные преобразования (гипергенные, гидротермальные процессы и др.) и факторы разуплотнения, включающие дробление и тектоническое трещинообразование в геодинамически напряженных массивах и слоях, тектоно-кессонный эффект, импактное дробление.

К примеру, коллекторские свойства пород доюрского комплекса Западной Сибири чаще всего определяются вторичной пористостью и проницаемостью. В зоне дезинтеграции коры выветривания и закарстованных известняках и доломитах происходит формирование специфических коллекторов порово-трещинного, трещинного, кавернозно-трещинного, порово-

кавернозно-трещинного типов. Анализ геологического строения залежей нефти и газа кристаллических пород показал, что продуктивная толща фундамента приурочена не только к его поверхности. В ряде случаев (Челбасское, Елей-Игайское, Западно-Октябрьское, Оймашинское, Мортымья-Тетеревское, Малоичское месторождения и др.) трещиноватые нефтегазонасыщенные зоны фундамента выявлены на десятки и сотни метров ниже его кровли.

В ряде районов Западно-Сибирского НГБ одновременно с продуктивностью кристаллического фундамента широко развита нефтегазоносность и в породах его коры выветривания. Наибольшей проницаемостью характеризуются выветрелые гнейсы, граниты и серпентиниты.

Причины, вызывающие образование коллектирующей емкости кристаллических пород фундамента, во многом определяют тип и запасы сформировавшихся в них залежей нефти и газа.

Примеры рассмотренных месторождений нефти и газа в фундаменте показывают, что залежи, приуроченные к сводообразным палеоэрозионным выступам фундамента, проницаемость которых образована выветриванием и тектонической нарушенностью, являются залежами массивного типа. Нефтяная залежь в кристаллической толще месторождения Оймаша связана с пластообразными участками разуплотнения гранитной интрузии и сочетает в себе элементы как пластового, так и жильного характера.

В последние годы широкое разбуривание месторождения «Белый Тигр» и других месторождений Вьетнамского шельфа позволило более детально изучить пространственное распределение фильтрационно-емкостных свойств кристаллических пород в гранитоидных массивах. Согласно данным В.Л.Шустера, В.Б.Левянта и др. породы-коллекторы и породы-неколлекторы залегают в массивах неравномерно – блоками, без четкой закономерности. По данным В.А.Кошляка отдельные блоки имеют дифференциально-слоистую модель распределения коллекторов. Причем трещинные коллекторы в гранитоидах характеризуются тройной пустотностью в отличие от карбонатных трещинных коллекторов с двойной пустотностью. Изучение месторождения Белый Тигр показало, что механизм формирования пустотного пространства гранитного массива связан не только с процессами

наряду с микроклином, – определяет стабильность породного каркаса, в котором гидрослюдистые массы выполняют роль цемента. То, что коллекторские свойства измененных магматических и метаморфических пород во многом определяются их первичным составом, отмечали многие исследователи. В тоже время, наложенные гидротермальные процессы, разуплотняя матрицу пород, приводят к раскрытию трещин под действием последующих тектонических процессов. Этому могут способствовать и неотектонические напряжения. В частности, по данным исследований Р.П.Готтих и Б.И.Писоцкого на территории Татарстана проницаемые зоны фундамента сопряжены с геохимическими аномалиями содержания редкоземельных и других металлов в осадочных породах доманика, окского горизонта, верхней перми. Установленная унаследованность и периодичность формирования аномального геохимического поля в разрезе осадочного чехла свидетельствует в пользу возобновления фильтрационно-емкостных свойств проницаемых зон фундамента в периоды тектонической активности.

Таким образом, поля гранитоидов и гнейсов, изначально обладая некоторыми фильтрационно-емкостными свойствами, на платформенном этапе в процессе тектонического и гидротермального развития, обусловленного флюидодинамикой осадочного бассейна, не теряют своей проницаемости. Более того, проницаемость кристаллических пород таких вещественных комплексов может увеличиться за счет наложенных гидротермальных процессов. Поэтому именно в этих участках восходящая миграция коро-мантийных гидротермальных систем и, соответственно, тепломассоперенос будут наиболее активными на всех стадиях геодинамической эволюции региона.

Как показали геолого-геофизические исследования последних лет, существует определенная взаимосвязь между тектоническим режимом земной коры, распределением геофизических неоднородностей ее консолидированной части и степенью флюидизации последней. В настоящее время характерные особенности и степень геофизических неоднородностей земной коры успешно исследуются с помощью глубинного сейсмического профилирования.

Об особенностях глубинного строения консолидированной земной коры в пределах Южно-Татарского свода и прилегающих

развитие продолжалось на протяжении всей геологической истории.

Мантийные энергетические центры, обусловившие тектономагматические циклы развития фундамента, по-видимому, увязываются с кольцевыми структурами, выделенными как по геофизическим, так и по петрографическим данным.

Таким образом, до раннего протерозоя включительно, каждая последующая стадия метаморфизма была обусловлена флюидодинамической активностью определенных наиболее проницаемых участков коры. И наиболее активно и неоднократно метаморфическими процессами была затронута именно восточная часть Татарстана, а именно сводовая часть Южно-Татарского свода и прилегающие склоны. Именно здесь наиболее интенсивно проявилась калиевая гранитизация, а в последующем – наложенные гидротермальные процессы, сопровождавшие развитие заложенных систем разломов. Именно восточная часть территории Татарстана характеризуется сильной вещественной неоднородностью фундамента, которая в других районах Татарстана и в пределах прилегающих территорий Волго-Уральской антеклизы отсутствует. Следовательно, на позднеархейском и раннепротерозойском этапах в структуре консолидированной коры восточной окраины Русской плиты возникли и развивались сквозные субвертикальные флюидопроницаемые зоны, явившиеся областью активного движения мантийных и коровых флюидов.

Анализ пространственной приуроченности разуплотненных участков фундамента, установленных по данным бурения более 200 скважин показал, что наибольшее количество зон-коллекторов в верхней части фундамента зафиксировано в скважинах, пробуренных в пределах Ромашкинского месторождения. На склонах Южно-Татарского свода количество разуплотненных интервалов фундамента, вскрытых скважинами, уменьшается. На территории Северо-Татарского свода оно значительно меньше.

Установив современную повышенную разуплотненность и флюидопроводность фундамента восточной части Татарстана, а именно области развития пород большечеремшанской серии и гранитоидных массивов, логично предположить повышенную проницаемость верхней части земной коры на всем промежутке геологической истории региона. Высокое содержание кварца, с одной стороны, обеспечивает развитие трещиноватости, с другой,

разломо- и трещинообразования, а также не обязательно с процессами выветривания. Определяющую роль играет, в основном, глубокое преобразование пород, которое происходит под воздействием глубинных гидротермальных растворов. Гидротермальные метасоматиты, образующиеся при этом, обладают высокой эффективной пористостью, проницаемостью и прочностью минерального каркаса.

По мнению О.А.Шнипа, образование коллекторов в фундаменте обусловлено действием многих процессов. Для всех групп пород в целом позитивным фактором является разрывная тектоника и гипергенные воздействия. Для магматических пород – контракционная усадка, тектоно-кессонный эффект, автометасоматоз, гидротермальная переработка. Для вулканогенно-осадочных и первично осадочных пород – катагенная и метаморфогенная перекристаллизация и процессы карстообразования в карбонатах.

Минеральные индикаторы гидротермального метасоматоза зафиксированы в породах-коллекторах КФ на различных месторождениях (Белый Тигр, Оймаша, Юльевское, Хухринское) и, по мнению А.Е.Лукина, свидетельствуют о том, что только тектоно-кессонные разуплотнения и активная деятельность восходящих гидротерм способны привести к формированию глубоко проникающих в фундамент проницаемых зон-коллекторов. При этом роль типично гипергенных кор выветривания, как субстрата нефтегазоносных коллекторов, не столь значительна.

Запасы нефти и газа в кристаллических породах не опубликованы, а во многих случаях – не подсчитаны, однако судить о значительных объемах таких аккумуляций можно по высоте и площади залежей, а также по дебитам газовых и нефтяных фонтанов из кристаллического фундамента. Мощности нефтегазонасыщенных толщ фундамента от первых десятков до нескольких стен метров, достигая 164 м на Челбасском месторождении (площадь залежи 4-10х22 км), 290 м – на месторождении Хайдусобосло (площадь залежи 5-7х10 км), 680 м и 870 м – соответственно на месторождениях Цзинлонтай и Леньцю, более 1000 м – на месторождении «Белый Тигр». Дебитность коллекторов фундамента составляет от нескольких кубометров нефти до 4600 т/сут, как в Леньцю, и 1 млн.м³/сут газа. Имеются

случаи, когда в таких коллекторах выявляются зоны АВПД и АВПТ.

На основе анализа многочисленных данных о промышленной нефтегазоносности фундамента, опубликованных в открытой печати, установлено следующее. Промышленная нефтегазоносность пород кристаллического фундамента установлена на всех континентах и в большинстве акваторий. Продолжающиеся открытия промышленных скоплений нефти и газа в магматических и метаморфических породах однозначно свидетельствуют о том, что кристаллический фундамент осадочных бассейнов является самостоятельным объектом поиска и разведки месторождений нефти и газа. Наибольшее количество нефтяных и газовых месторождений, полностью или частично связанных с кристаллическим фундаментом, приурочено к гранитоидам и метаморфическим породам. Зоны коллекторов широко развиты в кристаллических массивах фундамента и установлены как в верхней части его разреза, так и на глубинах более 2000 м ниже его кровли. Формирование зон-коллекторов фундамента обусловлено многочисленными причинами, которые наряду с тектоническими процессами разломо- и трещинообразования включают гидротермальную переработку, контракционную усадку, тектоно-кессонный эффект, автометасоматоз, гипергенные воздействия, катагенную и метаморфогенную перекристаллизацию и процессы карстообразования в карбонатах. Проблема оценки перспектив нефтегазоносности кристаллического основания является актуальной задачей для всех осадочных бассейнов, в пределах которых выявлены гранитоидные массивы и выступы фундамента, участки его неоднократной и активной гидротермальной переработки, отмечено активное развитие блоковой тектоники, наличие мощных и протяженных кор выветривания, непроницаемых пластов-покрышек, залегающих на кровле фундамента в основании осадочного чехла. Особую актуальность приобретает необходимость формирования научного подхода и методики проведения поисков и разведки промышленных скоплений нефти и газа в кристаллических породах фундамента.

моделям тектоно-магматической эволюции Средневожского мегаблока и прилегающих территорий (А.В.Постников и др.), гранулитовый метаморфизм первого позднеархейского тектоно-магматического цикла имел ареальное распространение. Определявший его термальный эндогенный поток имел колоссальные масштабы, и процессами метаморфизма была охвачена практически вся территория мегаблока за исключением отдельных ранее сформировавшихся реликтовых массивов эндритоидов.

Второй позднеархейский тектоно-магматический цикл протекал уже в пространственно ограниченных зонах. Масштабы эндогенного потока значительно уменьшаются, однако, в сохранившихся областях активного флюидного режима происходит развитие палингенового гранитообразования. Наибольшая интенсивность этого процесса отмечается в купольных гранито-гнейсовых структурах, окруженных полями мигматитов. В пределах территории Татарстана в это время образуются Бакалинский, Ямашинский и Привятский гранитоидные массивы. В общем, размеры образующихся массивов иногда достигают сотен квадратных километров, однако процессы диафореза и гранитообразования охватывают только половину территории.

Масштабы тектоно-магматического цикла раннего протерозоя еще более сужены. Вулканогенно-осадочные образования этого периода в пределах восточной части Русской плиты развиты только в отдельных тектонических зонах. В пределах Татарстана с этим этапом связано формирование мигматитов, жильных форм и крупных массивов гранитоидов гранодиорит-гранитной серии позднебакалинского комплекса и глиноземистых микроклиновых гранитов азнакаевского комплекса. Гранитообразование развивается на фоне площадных проявлений калиевого метасоматоза и сопровождается процессами кислотного выщелачивания, который наиболее интенсивно проявляется в высокоглиноземистых толщах большечеремшанской серии. Становлением гранитоидов калиевого ряда на рубеже 1,9 млрд. лет практически заканчивается наращивание объема континентальной земной коры Волго-Уральского сегмента в раннем докембрии.

Последующая эволюция фундамента связана с проявлением дизъюнктивной тектоники, заложение которой произошло в конце второго позднеархейского цикла, а поступательное унаследованное

переработки. Участки с высокой неоднородностью состава кристаллических пород соответствуют зонам тектонического разуплотнения, что вполне согласуется с мнением многих исследователей о доминирующей роли вертикальной миграции нефти в формировании ее залежей в осадочном чехле. Поэтому в локальном плане взаимосвязь неоднородности фундамента и нефтеносности осадочного чехла обусловлена следующей зависимостью: вещественная неоднородность фундамента → зона тектонического разлома, повышенной флюидопроводимости → благоприятные условия для миграции нефтесодержащих флюидов → формирование залежи.

Впервые на взаимосвязь нефтеносности осадочного чехла и состава пород, слагающих КФ, обратили внимание А.В.Постников и Л.П.Попова. В частности, они отметили, что нефтеносность осадочного комплекса контролируется не только дислоцированностью фундамента, определяющей его структуру. Особое внимание обращает на себя приуроченность зон нефтегазонакопления на ЮТС и Жигулевско-Пугачевском своде к области распространения высокоглиноземистых графитоносных комплексов кристаллических пород. В частности, на территории Татарстана контуры большей части крупных нефтяных месторождений соответствуют блокам фундамента, сложенным породами большечеремшанской серии. Причем эта зависимость наблюдается не только в пределах Ромашкинского и Ново-Елховского месторождений, но и других, таких как Азевосалаушское, Аксубаево-Мокшинское, Бондюжское, Елабужское, Усть-Икское. Нурлатское, Бавлинское и Туймазинское месторождения примыкают к зонам развития большечеремшанской серии. В тоже время, в северо-западных и западных районах Татарстана отсутствие графитосодержащих толщ коррелируется с отсутствием промышленной нефтегазонаосности, не смотря на изученность этих территорий.

Анализ характера тектоно-магматической эволюции фундамента центральной части Волго-Уральской антеклизы свидетельствует о том, что нефтеносность осадочного чехла связана не просто с областями развития большечеремшанской серии пород, а с теми областями большечеремшанской серии, которые в последующем подверглись наложенным магматическим и метаморфическим воздействиям. Согласно существующим

2. Анализ факторов оценки перспектив нефтегазонаосности кристаллического фундамента центральной части Волго-Уральской антеклизы

Вопросом изучения и оценки перспектив нефтегазонаосности кристаллического фундамента восточной окраины Восточно-Европейской платформы в разные годы занимались Абдуллин Р.Н., Баранов В.В., Гатиятуллин Н.С., Готтих Р.П., Изотов В.Г., Кавеев И.Х., Камалетдинов М.А., Краюшкин А.В., Муслимов Р.Х., Назипов А.К., Писоцкий Б.И., Плотников Н.А., Попова Л.П., Постников А.В., Ситдилов Б.С., Ситдилова Л.М., Соколов Б.А., Трофимов В.А., Хайретдинов Р.Ш., Чиркин И.А., Шаров В.И., Юсупов Б.М., Юсупов Р.И. и другие исследователи.

Современные представления о тектонике литосферных плит и геодинамических режимах, благоприятных для образования скоплений нефти и газа в земной коре являются основанием для рассмотрения кристаллического фундамента осадочных бассейнов в качестве перспективного поискового объекта. В первую очередь это актуально для осадочных бассейнов, приуроченных к окраинам платформ, в пределах которых развиты эрозионные выступы кристаллического основания, кровля которых перекрыта осадочными породами-флюидопорами. Данным условиям отвечает Волго-Уральская антеклиза, в большей степени, по сравнению с другими частями восточной окраины Восточно-Европейской платформы, изученная глубоким параметрическим бурением, региональными сейсморазведочными исследованиями, а также комплексом других геолого-геофизических методов, направленных на изучение глубинного строения кристаллического докембрийского основания.

Оценка возможности наличия в фундаменте Волго-Уральской антеклизы разуплотненных зон, являющихся перспективными нефтеносными объектами, основывается на ряде факторов, определяющих правомерность постановки данной задачи научных исследований.

Первая группа факторов, определяющих оценку перспектив нефтегазонаосности фундамента Волго-Уральской антеклизы, связана с проблемой происхождения нефти и научным обоснованием возможности наличия нефти и газа в разуплотненных

зонах магматических и метаморфических пород. Волго-Уральская антеклизы расположена в пределах пассивной окраины древней платформы, трансформированной столкновением литосферных плит (Клещев и др., 1995), в ее строении принимают участие крупные выступы кристаллического фундамента, осложненные системой глубинных разломов и граничащие с мощными осадочными толщами прилегающих впадин и депрессий, возможность. Вследствие этого возможность наличия промышленных скоплений нефти и газа в толще фундамента Волго-Уральской антеклизы не противоречит ни одной из основных существующих теорий нефтегазообразования.

Вторая группа факторов определяет наличие необходимых условий для формирования непосредственно промышленных залежей в толще кристаллического фундамента. Этими факторами являются следующие:

- наличие в КФ природных резервуаров (тел), во всем объеме которых может происходить циркуляция флюидов;
- присутствие в этих природных резервуарах флюидов, способных свободно циркулировать и обеспечивать формирование залежей нефти и газа;
- геохимическая характеристика этих флюидов, которая может указывать (или не указывать) на нефтегазоперспективность.

Исследование возможности существования в фундаменте Волго-Уральской антеклизы мощных и протяженных разуплотненных зон, которые могут рассматриваться в качестве перспективных нефтепоисковых объектов, в первую очередь базируется на анализе тектонического строения антеклизы, а также на анализе палеогеодинамического, геодинамического и флюидного режимов развития земной коры.

Проблемой тектонического строения Русской плиты занимались многие известные ученые и специалисты, начиная с А.П.Карпинского, А.Д.Архангельского, Н.С.Шатского, И.М.Губкина. В дальнейшем изучением внутренней структуры фундамента ее восточной части занимались Р.А.Гафаров, В.А.Дедеев, В.Н.Зандер, С.В.Богданова, Т.А.Лапинская, А.В.Постников и другие.

Изучению тектонического строения центральной части Волго-Уральской антеклизы и территории Татарстана были посвящены исследования Р.О.Хачатряна, В.А.Лобова,

являлись работы В.П.Степанова, а также Т.А.Лапинской, А.В.Постникова, Л.П.Поповой и др., которыми были исследованы взаимосвязи тектонического строения осадочного чехла и его кристаллического основания. Несмотря на кардинальные различия в научном и методическом подходах к разработке карт блокового строения фундамента, и В.П.Степановым, и Т.А.Лапинской с соавторами была доказана доминирующая роль разломной тектоники кристаллического основания на формирование структуры осадочного чехла, обусловившей размещение залежей нефти.

Влияние разломов фундамента на нефтегазонасыщенность осадочной толщи было установлено давно и изучалось многими исследователями. Выявлено, в частности, что доля нефтеносных структур, стратиграфический диапазон нефтеносности, степень заполненности ловушек и продуктивность пластов увеличивается в направлении к тектонически ослабленным зонам. И, наоборот, по мере удаления от них сокращается не только мощность продуктивного разреза, но и ухудшаются коллекторские свойства.

Однако блоковой тектонике фундамента в основном отводилась косвенная роль структурообразующего фактора, а дизъюнктивы рассматривались, в первую очередь, как границы тектонических элементов – структурных ступеней, валлообразных структур и высокоамплитудных поднятий, контролирующих залежи нефти.

На основе использования карт вещественного состава и тектонического районирования кристаллического фундамента восточной части Восточно-Европейской платформы, разработанных Т.А.Лапинской, Богдановой С.В., А.В.Постниковым, Л.П.Поповой и др. проведено исследование соотношения характера вещественной неоднородности фундамента и нефтеносности осадочного чехла (рис. 5). На основе выполненного анализа установлена взаимосвязь распределения нефтеносности осадочного чехла Южно- и Северо-Татарского сводов и вещественного состава кристаллического фундамента.

В частности, в пределах Абдрахмановской, Миннибаевской, Южно-Ромашкинской и других площадей Ромашкинского месторождения отмечена приуроченность залежей нефти в горизонтах Д₃ и Д₄ к зонам сильной вещественной неоднородности фундамента и участкам его наиболее интенсивной

качестве потенциальной ловушки – места аккумуляции нефти и газа. Газогидрохимические показатели нефтеносности архейско-протерозойских пород кристаллического фундамента соответствуют критериям нефтегазоносности, установленным для высокоперспективных и перспективных отложений осадочного чехла (терригенных отложений девона). На основе химико-битуминологических исследований в породах КФ установлено наличие битумоидов, эпигенетичных по отношению к вмещающим породам и имеющих миграционный характер. Компонентный состав растворенных углеводородных газов флюидов, насыщающих разуплотненные зоны фундамента, однозначно свидетельствует о наличии «тяжелых» углеводородов, являющихся прямыми признаками следов миграции углеводородов нефтяного ряда и наличия их залежей. Динамика газонасыщенности и газогидрохимических показателей разуплотненных зон кристаллического фундамента свидетельствуют о современной геодинамической и флюидной активности последних.

5. Согласованность геофизических, геохимических и флюидодинамических характеристик фундамента и углеводородных скоплений его осадочного чехла

Исследование закономерностей формирования и размещения нефтяных и газовых месторождений в пределах осадочных бассейнов является актуальной задачей, позволяющей проводить оценку перспектив малоизученных территорий и определять направления и методику поисково-разведочных работ. В этой связи значительную роль играет изучение геодинамических условий развития осадочного бассейна, которые во многом обусловлены и связаны с геодинамическими и флюидодинамическими процессами, происходящими в консолидированной земной коре. Преобладающая часть территории Волго-Уральской антеклизы характеризуется небольшой мощностью осадочного чехла, что определило значительное влияние на его строение тектоники кристаллического фундамента.

Проблеме изучения связи тектоники фундамента и осадочного чехла в пределах Волго-Уральской антеклизы в разные годы занимались многие специалисты. Наиболее значимыми

О.М.Мкртчяна, Р.Н.Валеева, Л.Н.Розанова, М.А.Камалетдинова, Ю.В.Казанцева, Т.Т.Казанцевой, Е.Д.Войтовича, В.П.Степанова, Т.А.Лапинской, А.В.Постникова, И.А.Ларочкиной, В.В.Муравьева, И.Х.Кавеева, М.Я.Боровского и др.

Волго-Уральская антеклиза представляет собой типичную для окраин континентальных платформ, охваченных перикратонным опусканием, структуру. Она характеризуется ступенчато-моноклиальным погружением поверхности фундамента в сторону складчатого Урала. Имеет в плане форму, близкую к неправильному пятиугольнику, меридионально вытянутому, расширенному в центральном и суженному в южном и северном секторах. Контуры антеклизы отчетливо выделяются по поверхности фундамента и нижним горизонтом осадочного чехла, обрамлению надпорядковыми тектоническими элементами. Границы антеклизы проводятся по хорошо выраженным в глубинной структуре Русской плиты разломам, указывающим на глыбовую структуру, представляющую собой хотя и единый, но весьма неоднородный по строению моноклиальный блок. Центральная часть Волго-Уральской антеклизы, к которой приурочена территория Татарстана, является весьма сложным в тектоническом плане объектом, поскольку объединяет в себе как структуры первого и второго порядков, так и зоны их сочленения.

Сложившаяся к настоящему времени структура фундамента Волго-Уральской антеклизы – это система блоков различного порядка и конфигурации, образованных сочетанием разломов также разных порядков и протяженности. Строение фундамента определяет основные элементы тектоники платформы, а рельеф его поверхности дает основу для тектонического районирования (рис. 1). Изучение вещественных комплексов фундамента позволило Т.А.Лапинской, А.В.Постникову, Л.П.Поповой и др. выделить три основных тектоно-магматических цикла эволюции докембрийского фундамента: раннеархейский, позднеархейский и раннепротерозойский.

Заложение основной системы дизъюнктивных нарушений консолидированных кристаллических масс, которые определяют блоковое строение территории и разломы, наследуемые позже в палеозое и фанерозое в процессе формирования и развития осадочного бассейна, произошло в конце второго и третьего циклов.

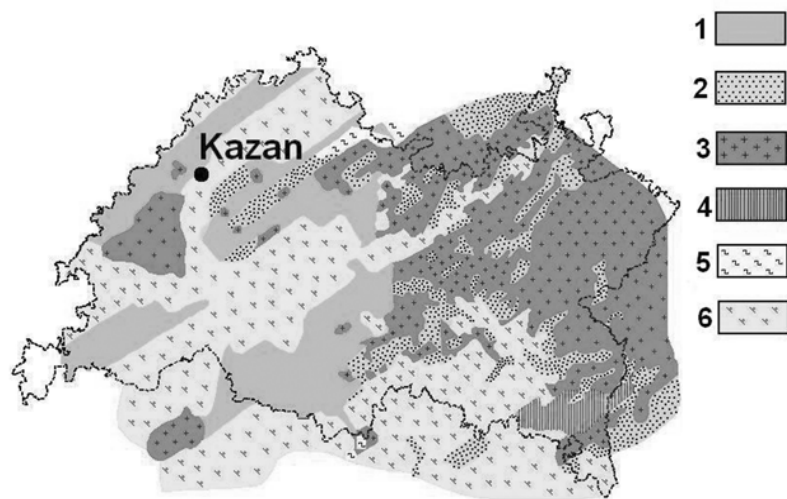


Рис. 1. Схема тектонического районирования кристаллического фундамента центральной части Волго-Уральской антеклизы (по Постникову А.В., 2002). Условные обозначения: 1 – гнейсовые зоны, 2 – мигматитовые зоны, 3 – массивы гранитоидов, 4 – массивы анортозитов, 5 – вулканогенно-осадочные толщи, 6 – гранулитовые блоки.

Данные разломы, имея повышенную проницаемость и становясь каналами для интенсивных термальных потоков, четко выделяются в структуре фундамента по следам локального диафтореза, калиевого метасоматоза, кислотного выщелачивания и мелким интрузиям габброидов.

Однако, сам по себе факт блокового строения фундамента не является объективным свидетельством существования в нем природных резервуаров, способных стать объектами аккумуляции нефтяных и газовых залежей. Необходима оценка тектонофизических и структурно-литологических предпосылок возникновения и длительного существования в толще кристаллического фундамента Волго-Уральской антеклизы условий для формирования природных резервуаров. Формирование и распределение разуплотненных зон фундамента обусловлено его тектонофизическим состоянием. Причины, определяющие его,

фундамента идентифицированы гопан, адиантан, гомологи нафталина и хризен, фенантрен, пирен. Углеродистое вещество докембрийских кристаллических пород интерпретируется как битумы миграционных потерь, что соответствует прямой связи между битуминосностью и степенью трещиноватости пород фундамента.

Анализ геохимических коэффициентов указывает на сходство относительного распределения углеводородов одноименных фракций, несмотря на различие фракционных составов углеводородной части битумоида. Выполненное сравнение углеводородного состава битумоидов фундамента и нефтей Ромашкинского и Новоелховского месторождений позволило установить весьма значительные черты сходства углеводородного состава экстрактов и нефтей. Совокупность полученных выводов, данные по микроэлементному составу битумоидов фундамента и нефтей осадочного чехла, полученные автором, и результаты исследований биомаркеров в составе углеводородного вещества фундамента, осадочного чехла и нефтей палеозоя (Гордадзе Г.Н., 1999-2003) позволяют рассматривать битумоиды пород фундамента как следы миграции нефтегазонасыщенных флюидов. Следовательно, докембрийский кристаллический комплекс Волго-Уральской антеклизы является объектом миграции флюидных систем, принимавших и принимающих самое непосредственное участие в формировании промышленных скоплений нефти в осадочных отложениях. Распространение углеводородов по всему разрезу фундамента в небольших концентрациях говорит о широких масштабах миграции, происходившей под высокими давлениями по наиболее проницаемым зонам разломов и трещин до кровли фундамента и далее в осадочный чехол. Не исключено наличие благоприятного сочетания высоко проницаемых и непроницаемых пород в теле фундамента, обеспечивающего формирование залежи углеводородов.

Таким образом, результаты исследования скважин, вскрывших кристаллический фундамент на значительную глубину, показали, что коллекторы КФ обладают фильтрационно-емкостными свойствами. В кристаллических породах фундамента присутствует емкостное пространство, в котором флюиды могут свободно циркулировать и которое может рассматриваться в

Татарского свода и рифейско-вендских отложений над его юго-восточным склоном.

Такие химико-органические показатели вод архейских пород, как битумный углерод, фенолы, окисляемость йодатная и перманганатная, находятся в пределах фоновых значений для вод терригенного девона Южно-Татарского свода, а в отдельных случаях – значительно их превышают.

Концентрация общего органического азота в водах архея (0,58 мг/л) значительно превышает таковую в пластовых водах пашийско-кыновских отложений Ромашкинского месторождения.

Изучение газового состава подземных вод архейской толщи показало, что он преимущественно азотный и содержит (в объемных %): 67 - 76,9 азота, 12,3 - 16,0 углеводов (в основном метан), 5,4 - 8 гелия, 2,1-4,5 кислорода, а в отдельных случаях – 8,9 водорода, 0,06 - 1,4 углекислого газа и 1,4 аргона.

Гидрогеохимические исследования вод кристаллического фундамента показали, что они содержат органические вещества в концентрациях, близких фоновым, характерным для подземных вод терригенного девона. А концентрации $C_{орг.}$ и органического азота превышают таковые. Наличие в водах кристаллического фундамента углеводов, органических веществ, отсутствие сульфатов и метаморфизм вод служат основанием для предположения нахождения залежей нефти и газа в теле докембрийского кристаллического комплекса центральной части Волго-Уральской антеклизы. Подтверждением данного вывода являются результаты битуминологических исследований кристаллических пород.

Исследованием битумоидов фундамента центральной части Волго-Уральской антеклизы в разные годы занимались Атанасян С.В., Бурова Е.Г., Гордадзе Г.Н., Готтих Р.П., Гусева Э.Е., Каюкова Г.П., Косачев И.П., Лебедев Н.П., Морозова Р.М., Петрова Л.М., Писоцкий Б.И., Романов Г.В., Сафронова Т.П.

Выполненный автором анализ результатов изучения битумоидов фундамента на примере более десяти скважин показал, что в битумоидах фундамента чаще всего присутствуют углеводороды от C_{14} до C_{33} , в единичных случаях – C_9 . Набор углеводородов расширяется в зонах катаклаза и милонитизации. В групповом составе отмечается преобладание смол, асфальтены чаще содержатся в малых количествах. В изученных битумоидах

могут быть объяснены с позиций гипотезы Пейве А.В. и Хаина В.Е. о многоярусной тектонической расслоенности литосферы, моделью ее реологической расслоенности по Иванову С.Н., обосновывающей обязательное присутствие в земной коре флюидоупоров и разуплотненных зон. А также гипотезой корового волновода и процессами дилатансии и компакции (Дмитриевский А.Н., Баланюк И.Е., Каракин А.Н. и др.).

Проблема формирования и распределения фильтрационно-емкостных свойств кристаллических пород фундамента в последние десятилетия активно изучалась на примере месторождений Зондского шельфа и Днепровско-Донецкой впадины. Исследования, выполненные А.Н. Дмитриевским, В.А. Кошляком, В.В. Пospelовым, О.А. Шнипом, В.Л. Шустером, В.П. Гавриловым, А.Е. Лукиным и другими позволяют предположить значительную роль дилатансионного трещинообразования в зонах сжатия, обуславливающего процессы разуплотнения и различные вторичные изменения, приводящие к формированию потенциальных зон-коллекторов. Общность морфологических особенностей, совершенно различных по возрасту, петрографическому составу и строению нефтегазонасыщенных резервуаров кристаллического фундамента, отмеченная А.Е.Лукиным, позволяет предположить существование единого механизма дискретного разуплотнения, приводящего к формированию чередующихся в разрезе фундамента субгоризонтальных зон с повышенной и пониженной пустотностью.

Следовательно, благоприятные геодинамические условия для формирования протяженных разуплотненных зон в фундаменте, чередующихся с более плотными субгоризонтальными зонами, возможны в областях развития сдвиговых деформаций, а также существования напряжений сжатия и сжатия со сдвигом.

Поскольку раннедокембрийские кристаллические образования первоначально не имеют открытой пористости и не являются проницаемыми, пустотное пространство магматических и метаморфических пород возникает только в результате наложенных преобразований. В качестве последних доминирующую роль играют тектоническая трещиноватость, возникающая и периодически возобновляемая на различных этапах эволюции, и

гидротермальная и гипергенная переработки, из которых более значимыми являются низкотемпературные процессы.

Таким образом, совокупность процессов, способствующих формированию потенциальных резервуаров в породах кристаллического фундамента платформ, в конечном итоге определяется геодинамическим и флюидным режимом территории как на стадии формирования первичного вещественного состава фундамента и процесса его консолидации, так и на протяжении всего геологического периода развития. Следовательно, вопрос оценки перспектив нефтегазоносности фундамента Волго-Уральской антеклизы, в первую очередь, сводится к оценке наличия благоприятного геодинамического и флюидного факторов, обусловивших формирование разуплотненных зон в докембрийском кристаллическом комплексе.

Тектоно-магматические циклы, определившие эволюцию фундамента Восточно-Европейской платформы в раннем докембрии, а также последующая рифей-палеозойская его переработка сопровождалась заложением системы разломов.

Анализ соотношения внутренней структуры фундамента и строения осадочного чехла свидетельствует о развитии и неоднократной активности системы разломов кристаллического фундамента, заложенных на позднеархейском и рифейском этапах. Фанерозойский (платформенный) этап развития фундамента характеризовался доминированием на территории платформы бокового сжатия. При этом интенсивность и ориентация напряжений, их изменение во времени и чередование с периодами кратковременного растяжения определялись движениями и особенностями развития ограничивающих платформу каледонид (Скандинавия), рифейд (Тиман, Урал), герцинид (Скифская плита, Карпаты) и т.д. Петрографические исследования пород фундамента указывают на активное проявление низкотемпературных процессов (В.Г.Изотов, Л.М.Ситдикова).

Особенности тектоно-магматической эволюции центральной части Волго-Уральской антеклизы, как составной части Волго-Уральского НГБ, прекрасно согласуются с новой принципиальной моделью формирования нефтегазоносного бассейна, созданной с позиций многоярусной тектоники плит и обосновывающей геодинамическую эволюцию платформ и их горно-складчатых обрамлений (Клещев и др., 1995, 2002).

Для оценки перспектив нефтегазоносности фундамента были использованы газовый, химико-органический и ионно-солевой критерии оценки возможной продуктивности. Изучение газового критерия нефтегазоносности, включающего значения общей газонасыщенности, суммы углеводородных газов и углеводородно-азотный коэффициент, показало следующее. Состав водорастворенного газа верхней части разреза КФ, в основном, метаново-азотный и лишь на Холмовской площади (скв. 29419) – азотнометановый. Содержание азота в пробах от 31 до 76 % об., метана от 11 до 63% об. Количество тяжелых углеводородов варьирует от 1-2 до 7-8% об., количество гелия достигает 5,4-7 % об.

В сравнении с газовым составом подземных вод по данным бурения параметрических скважин в пределах Восточно-Европейской платформы, газовый состав вод фундамента Волго-Уральской антеклизы отличаются значительно большим количеством углеводородных газов.

Газонасыщенность подземных вод докембрийского фундамента (390-450 см³/л) не уступает водам девонских (298-476 см³/л) и рифейско-вендских (290 см³/л) отложений. Нефтепродуктивность первых из этих пород установлена и изучена, а вторых – предполагается по комплексу геолого-геофизических данных. Сумма углеводородных газов в водах фундамента составляет 12,3-16%, достигая в отдельных случаях весьма больших значений, которые сопоставимы со значениями, полученными для вод терригенного девона Ромашкинского месторождения (63-73%) и рифей-вендских отложений (44,6%). Кроме этого, суммарное количество углеводородных газов в водах фундамента превосходит сумму углеводородных газов в водах пород девона малоперспективных районов западной Татарии. Кроме того, в водах разуплотненных зон кристаллического докембрия были обнаружены пропан (2,3%), бутан (1,1-2,0%) и следы других тяжелых углеводородов, что является прямым признаком нефтеносности кристаллической толщи.

Исследование химико-органических критериев оценки нефтегазоносности в скв. 20000-Миннибаевской позволило установить, что общее содержание $C_{орг}$ в водах фундамента значительно выше фонового для терригенного девона Южно-

рамках комплексной программы изучения фундамента, был организован мониторинг пластовых вод разуплотненных зон фундамента, который осуществлялся на пяти скважинах, расположенных в центральной части Южно-Татарского свода и на его склонах.

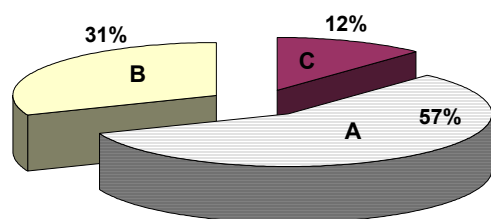


Рис. 5. Соотношение объектов, испытанных с помощью ИПТ по характеристике компонентного состава газа (КСГ): А – КСГ «водоносный»; В – КСГ «неопределенно»; С – КСГ «нефтенасыщенный», «газонасыщенный» или «остаточно нефтенасыщенный»

Исследование вод докембрийского кристаллического комплекса, во-первых, подтвердило наличие в нем высокеемких коллекторов. Во-вторых, был охарактеризован химический состав вод фундамента, которые по химическому составу воды относятся к хлоркальциевым с плотностью 1,185-1,2 г/см³ и общей минерализацией 245-267 г/л. Содержание кальция варьирует от 12 до 26 г/л.

С увеличением глубины развития разуплотненных зон подземные воды представляют собой почти чистые хлоридно-кальциевые рассолы, чем существенно отличаются от вод верхней части фундамента. Содержание кальция в них достигает 85-94 г/л, а натрия уменьшается до 12,4-19,3 г/л. Общая минерализация при этом составляет 289 г/л. Автором получен ряд зависимостей (коэффициент корреляции 0,7 – 0,8), доказывающих связь минерализации вод фундамента от глубины вмещающей их зоны разуплотнения. В частности, она установлена по результатам анализа 42 проб из 15-ти скважин.

Согласно данной модели, Волго-Уральский НГБ отнесен к области, трансформированной столкновением литосферных плит, что определяет неоднократное возникновение геодинамических режимов сжатия, сжатия со сдвигом, сдвиговых деформаций.

Таким образом, геодинамический и флюидный режимы развития Волго-Уральской антеклизы и, в частности, Южно-, Северо-Татарского сводов и прилегающих территорий на протяжении всей геологической истории данного региона являлись благоприятными для формирования в кристаллическом основании осадочного чехла разуплотненных зон различной протяженности и конфигурации.

3. Исследование зон-коллекторов кристаллического фундамента на основе анализа результатов бурения глубоких скважин

Современные геологические концепции, рассматривающие проблему формирования и развития трещиноватых проницаемых зон в кристаллическом основании платформ, во многом основаны на интерпретации геофизических данных и результатах сверхглубокого бурения.

Кристаллический фундамент центральной части Волго-Уральской антеклизы стал объектом активного геолого-геофизического изучения с конца 60-х годов. Начиная с 1975 года, в рамках Программы глубинного изучения недр Татарстана пробурено две сверхглубоких скважины: 20000-Миннибаевская (забой – 5099 м, проходка по фундаменту – 3215 м) и 20009-Новоелховская (забой – 5881 м, проходка по фундаменту – 4077 м), а также более тридцати скважин, вскрывших фундамент на глубину от 100 до 2432 м.

Планомерное изучение кристаллического комплекса фундамента проводилось под постоянным научным и производственным контролем Р.Х.Муслимова, явившимся главным инициатором и идеологом работ по исследованию докембрийского комплекса пород. Изучением коллекторов в кристаллическом фундаменте Татарстана занимались Р.Н.Абдуллин, Н.Е.Галдин, И.Х.Кавеев, Н.А.Плотников, Р.Ш.Хайретдинов, Н.Н.Христофорова, Р.И.Юсупов, Б.А.Яковлев и другие.

Объектом изучения коллекторов кристаллического фундамента явились все глубокие параметрические, поисково-разведочные и эксплуатационные скважины, пробуренные в пределах Южно-, Северо-Татарского сводов и сопредельных территорий. По глубине вскрытия докембрийского кристаллического комплекса они подразделены на четыре категории:

- скважины, вскрывшие кристаллический фундамент на максимальную глубину, свыше 3000 м;
- скважины, вскрывшие кристаллический фундамент на значительную глубину, от 200 до 3000 м;
- скважины, вскрывшие кристаллический фундамент на глубину от 50 до 200 м.
- скважины, вскрывшие кристаллический фундамент на глубину менее 50 м.

К первой категории скважин относятся две параметрические сверхглубокие скважины – 20000 Миннибаевская и 20009 Новоелховская. Их проходка по фундаменту составила, соответственно, 3215 м и 4077 м.

Вторая категория объединяет 19 скважин, средняя глубина вскрытия кристаллического разреза докембрия которыми достигла 562,56 м, общая проходка по породам фундамента – 10,689 тыс. м.

Третья категория включает 55 скважин, средняя глубина вскрытия фундамента и общая проходка по нему соответственно составляют 65,9 м и 3624,4 м.

Четвертая категория самая многочисленная, насчитывает более тысячи поисково-разведочных, оценочных и эксплуатационных скважин.

Первоочередным объектом исследования и анализа явились первые три категории скважин, а также скважины 4-й категории, которые были пробурены в последнее десятилетие двадцатого столетия и в которых были проведены специальные работы, направленные на исследование разуплотненных зон фундамента. Обоснование положения о том, что в кристаллическом массиве докембрия Волго-Уральской антеклизы повсеместно развиты значительные по размерам и емкостным свойствам природные резервуары, базируется на следующем. Зоны разуплотнения и трещиноватости КФ фиксируются комплексом геолого-геофизических методов, как в ходе бурения и геофизических

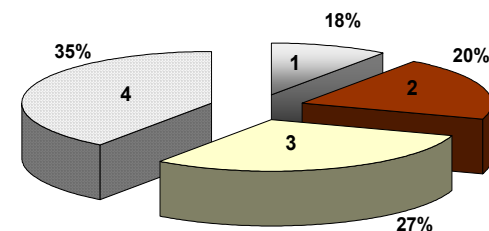


Рис. 4. Соотношение объектов, испытанных в разрезе кристаллического фундамента с помощью испытатель пласта на трубах. 1 – количество объектов, при испытании которых получена кривая восстановления давления (КВД); 2 – количество объектов, в которых зафиксирована недовосстановленная КВД и коллектор недоосвоен вследствие чрезмерной депрессии на пласт или других причин; 3 – количество объектов, при испытании которых КВД не зафиксирована, предположительно по причине колюматации коллектора, чрезмерной депрессии на пласт или продолжительного времени вскрытия бурением потенциального интервала; 4 – количество объектов, в которых КВД при испытании не зафиксирована

Вопрос о наличии в породах фундамента следов миграции и потенциальных скоплений нефтегазоносных флюидов решался на основе изучения геолого-гидрохимических и битуминологических характеристик пород фундамента.

Состав подземных вод является признаком и отражением геологических и геохимических процессов, происходящих в земной коре.

Изучением состава пластовых вод фундамента центральной части Волго-Уральской антеклизы в разные годы занимались Б.Н.Анисимов, К.Н.Доронкин, Р.Л.Ибрагимов и другие.

Первые данные о характеристике вод фундамента Восточно-Европейской платформы были получены в 1976 году по результатам испытания скв. 20000-Миннибаевской. В период с 1988 по 1994 годы характеристика этих вод была дополнена новыми данными по 14-ти скважинам, из которых пластовые воды отбирались в интервале глубин 1793-2028 м и были охарактеризованы 40 пробами. В период с 1998 по 2003 годы, в

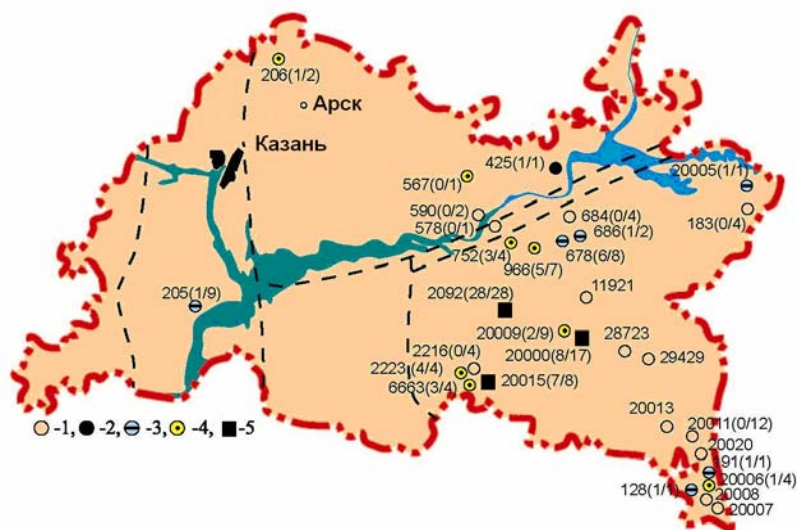


Рис. 3. Результаты испытания объектов кристаллического фундамента с помощью испытателя пласта на трубах. Характеристика объектов испытания по компонентному составу газа (КСГ): 1 – местоположение и номер скважины, в скобках: объекты с характеристикой по КСГ (числитель) и общее количество испытанных объектов (знаменатель); 2 – скважины, в которых зафиксирован нефтенасыщенный объект; 3 – скважины, в которых зафиксированы водонасыщенные объекты; 4 – скважины, в которых характеристика объектов неоднозначна; 5 – скважины, в которых зафиксированы газонефтенасыщенные объекты.

Таким образом, исследования скважин, вскрывших фундамент на значительную глубину, показали, что потенциальные коллектора кристаллических пород обладают фильтрационно-емкостными свойствами, которые могут быть оценены на полуколичественном уровне. На стадии оценки перспектив нефтегазоносности разреза фундамента полученные данные однозначно свидетельствуют в пользу наличия в кристаллических породах емкостного пространства, в котором флюиды могут свободно циркулировать и которое может рассматриваться в качестве потенциальной ловушки – места аккумуляции нефтегазоносных флюидов.

исследований скважин, так и в результате наземных геофизических исследований. Существует определенная закономерность распределения потенциальных зон-коллекторов фундамента как по площади, так и по разрезу.

К основным прямым методам, доказывающим это, относятся геофизические исследования скважин, включающие стандартные и дополнительные виды исследований; геолого-технические исследования, проводимые в процессе бурения скважин; испытание разуплотненных зон фундамента в колонне и в открытом стволе. К косвенным методам правомерно отнести сейсморазведку и различные методы переинтерпретации сейсмического материала, позволяющие качественно оценивать флюидодинамические параметры толщи кристаллических пород; сейсмическую локацию бокового обзора; регистрацию геоакустических шумов.

Выполненный анализ результатов бурения и исследования скважин, вскрывших породы кристаллического фундамента на различную глубину, позволил установить следующее. В целом, на примере скважины 20009-Новоелховской, геологический разрез фундамента характеризуется сложным чередованием практически неизменных кристаллических пород с хорошей сохранностью высокотемпературных парагенезисов и частично разрушенных пород, претерпевших многократные проявления деформации, диафтореза, милонитизации и др. с общей тенденцией повышения степени деформации с глубиной (рис. 2).

В разрезе кристаллического комплекса докембрия интервалы-коллекторы имеют широкое распространение, как по глубине, так и по площади и фиксируются по данным значительного числа прямых и косвенных геолого-геофизических методов. Мощность разуплотненных зон варьирует от первых метров до нескольких десятков метров. Интервалы предполагаемых коллекторов фундамента приурочены в большей степени к зонам вторичных наложенных преобразований, а также к участкам смены петрографического состава пород и к границам петрографических разностей. Около половины потенциальных зон-коллекторов характеризуются явной, четко выраженной трещиноватостью, которая определялась по керну, шламу, каверномеру.

Присутствие в толще фундамента многочисленных аномальных зон не вызывает сомнения, как и длительная геологическая история их развития. На примере скважины 20009-Новоелховской зафиксировано увеличение количества выделенных интервалов-коллекторов с глубиной, что также указывает на прямую зависимость наличия коллекторов от степени вторичных изменений и структурно-тектонических процессов.

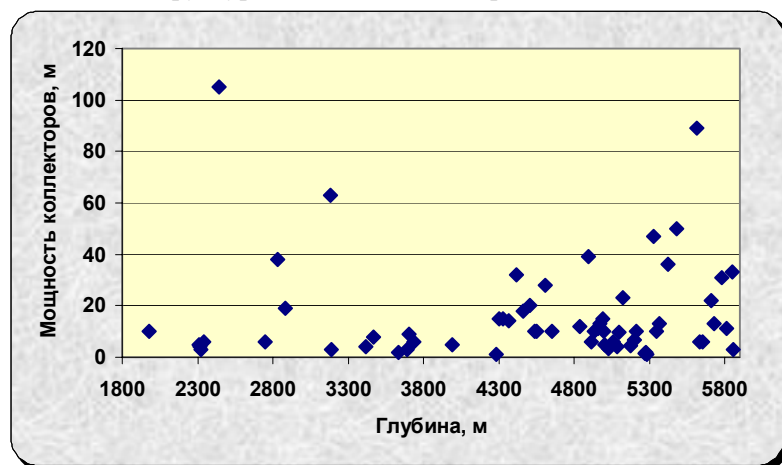


Рис. 2. Изменение мощности зон-коллекторов с глубиной в разрезе скважины № 20009-Новоелховской.

Породы большечеремшанской серии в большей степени испытали неоднократное воздействие наложенных процессов (милонитизация, диафторез, мигматизация и др.), либо были наиболее подвержены данным процессам, что и обусловило характерное распределение по разрезу скважины зон-коллекторов, температурных и газовых аномалий. Присутствие в вещественном составе пород большечеремшанской серии повышенного количества кварца обусловило, во-первых, повышенную трещиноватость, во-вторых – сохранение каркаса порово-кавернозного пространства в процессе наложенных вторичных процессов. Все это определило повышенные емкостные свойства пород большечеремшанской серии по сравнению с отградненской.

Анализ потенциальных зон-коллекторов, выделенных по результатам геофизических исследований более двухсот двадцати эксплуатационных и разведочных скважин, позволил выявить

площадную зависимость размещения данных зон. Наибольшее количество потенциальных разуплотненных зон фундамента зафиксировано в пределах сводовой части Южно-Татарского свода и коррелируется с областью развития пород большечеремшанской серии. Скважины, в которых из фундамента получены притоки пластового флюида, расположены вблизи тектонических нарушений и участков неоднородности состава кристаллических пород.

4. Оценка характера насыщения зон-коллекторов кристаллического фундамента

Изучение характера насыщения зон-коллекторов кристаллического фундамента в первую очередь проводилось на основе анализа результатов испытания зон-коллекторов испытателем пластов на трубах (рис. 3).

Также оно осуществлялось на основе анализа результатов геолого-гидрогеологических исследований флюидов разуплотненных зон; битуминологических исследований керна и шлама, по данным высокоточной термометрии (замеры Христофоровой Н.Н. и др.). Также характер флюидонасыщения потенциальных зон-коллекторов фундамента изучался на основе анализа результатов исследований геоакустических шумов (скважинные исследования Троянова А.К. и др.), мониторинга состава пластовых вод фундамента и свободных растворенных газов разуплотненных интервалов в разрезе скважины 20009-Новоелховской.

Испытание разреза фундамента с помощью испытателя пласта на трубах, выполненное на более 130-ти объектах в более чем 30-ти скважинах доказало наличие в кристаллических породах фундамента флюидонасыщенных зон, характеризующихся различными фильтрационно-емкостными свойствами (рис. 4).

Около 10% испытанных объектов фундамента по компонентному составу газа было охарактеризовано как нефтенасыщенные, газонасыщенные, остаточные нефтенасыщенные. В 31% случаев испытанные объекты имели неоднозначную характеристику насыщения (рис. 5).